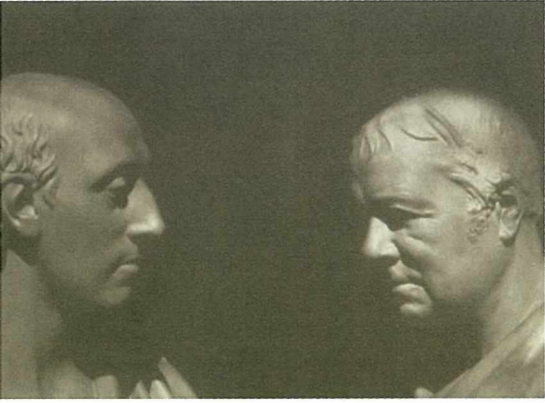


Jeolojik Zaman Cetveli Doğuşu ve Gelişimi



James Hutton (solda) ve John Playfair (sağda)

Bugün kullandığımız jeolojik zaman cetveli, birçok araştırmacının yüzyıllar süren çalışmaları sonucunda oluşturuldu ve kullanımda birlik ancak uzun yıllar sonra sağlanabildi. Kayaçlar ile oluşum zamanları arasındaki ilişkinin kurulmasında, Nicolaus Steno'nun (1638-1686) Süperpozisyon ve James Hutton'un (1726-1797) Tekdüzenlilik ilkesinin payı büyüktü.

Ahmet Apaydın
DSİ V. Bölge Müdürlüğü,
apaydinahm@isnet.net.tr

Jeolojik oluşumların birbirleriyle olan alt-üst ilişkileri ve oluşum zamanları özellikle madencilikle uğraşan araştırmacıların ilgisini çekmiş ve bu ilgi 16. ve 17. yüzyıl süresince artarak yayılmıştır. Minerallerin babası sayılan Agricola'dan sonra madenciliğin ekonomik olarak gelişimi sayesinde yer tarihini araştırmaya yönelik çalışmalar gelişme göstermiştir.

Değişik kaya tabakalarının tanımlanması ve aralarındaki ilişkilerin araştırılmasına yönelik ilk çabalar yerel ölçekte tabakaların birbiri üzerine ardıl olarak istiflenmesi konusundaydı. Ancak ilk zamanlar kayaların birbirleriyle olan alt-üst ilişkileri geniş bir bölgede tanımlanamıyordu. Yerkabuğunu oluşturan kayaların daha geniş ölçekte tanımlanması ve oluşum zamanına göre sınıflanmasında artık yavaş yavaş fosiller devreye giriyordu.

Bazı araştırmacılar, stratigrafik istifler içindeki organik kalıntıların incelenmesiyle türlerin değişiminin izlenebileceğine işaret etmişlerdi. Canlı türlerindeki değişim geniş bir alandaki istiflerden fosillerin toplanarak incelenmesiyle daha iyi anlaşılabilirdi. Çünkü farklı fosil toplulukları zaman birimlerinin ayrılmasında temel esası oluşturuyordu. Başlangıçta fosil topluluklarına göre oluşturulan zaman birimleri belirsiz olup kesin olarak sınırlanmamıştı. Aynı zamanda zaman aralıkları da oldukça uzundu. Daha kısa zaman dilimleri, türler arasında ata-evlat ilişkisinin daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesiyle sınırlanabildi. Böylece, zaman birimleri arasındaki hiyerarşik ilişki kurulmaya başlandı. Her zaman birimi belirli bir fosil topluluğu üzerine kuruldu. Zaman birimlerinin belirlenmesinde yararlanan her bir fosil topluluğunu içeren kayaların bulunduğu yerlere *tip alan* denir. Tip alanları jeolog için çok önemlidir; çünkü bu alanlar geçmişte gidilerek zamanın yeniden işletildiği yerlerdir.

Jeolojik oluşumlar arasında zamansal ilişkinin kurulmasında anahtar rol oynayan tabaka dizilişleri ve fosil içerikleri bazı temel ilişkiler sayesinde yorumlanabildi. Ancak bugün kullandığımız jeolojik zaman cetvelindeki terimler ilk zamanlar bütün yer bilimciler tarafından kabul görmüş değildi ve kullanımda birlik uzun yıllar sonra sağlanabildi.

Jeolojinin İlkeleri ve Gelişimi

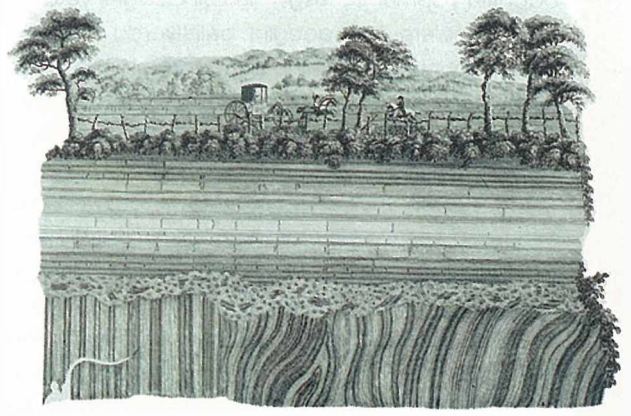
Zaman çizelgesi tasarlanmadan önce, hatta jeoloji bir bilim dalı olarak kabul edilmeden önce bazı ilkelerin yerli yerine oturtulması gerekiyordu. Jeoloji, James Hutton'ın kayalar ile doğal olayların ilişkisini açıklayan çalışmalarının 1795'te sonuçlanması ve Charles Lyell'in Hutton'ın vardığı sonuçları daha da geliştirmesi ve elde ettiği sonuçları 1830-1833'te *Jeolojinin İlkeleri* adlı üç ciltlik kitapta yayınlamasıyla bazı ilkeler üzerine kurulan bir bilim dalı haline geldi.

Hutton ve Lyell'in eserlerine kadar doğa olaylarının zaman süreci boyunca tekdüze olmadığı kabul edilmiyor ve bu olayların ilahi bir güç (Tanrı) tarafından kontrol edildiğine inanılıyordu. 1800'lü yılların başlarında birçok doğabilimci, yaratıcının kaprisleri nedeniyle çeşitli felaketlerin dünyayı harabeye döndürdüğüne inanıyordu. Birçoğu da dünyanın doğum tarihinin M.Ö. 4004 olarak kabul ediyordu. Hutton ve Lyell'in çalışmaları bu dogmaları ortadan kaldırmaya yönelik oldu. Bu iki araştırmacı jeolojiyi dogmalar ve spekülatif kabuller üzerinden alarak gözlemsel ve deneysel sonuçlardan elde edilen ilkeler üzerine oturttu.

Dünyanın evrimi ve yeryüzündeki jeolojik süreçlerle ilgili ilk kayıtlı gözlemler ve elde edilen sonuçlar belki de Helenlerinkidir. Yunanlıların atası olan Helen bilginleri (M.Ö. 500 yılından önce yaşamışlardır) üzerinde yaşadıkları dünyadaki doğal olayları az çok anlayabiliyorlar,



James Hutton'ı, sert kayalara benzetilen muhalifleri ile karşı karşıya gösteren karikatür (Kay, 1842)



James Hutton'ın "Theory of the Earth" adlı eserinden (1795) alınan ve Eainburg güneyinde, taban konglomeraları ile üzerindeki tabakaların uyumsuzluğunu gösteren jeolojik kesit

yaptıkları gözlemlerden temel ilkelerin veya yasaların var olduğunu sezebiliyorlardı.

Platon'un öğrencisi Aristoteles (M.Ö. 384-322), karaların ve denizlerin konumlarının sabit olmadığına ve o zamanda kara durumunda olan bölgelerin bir zamanlar denizle kaplı olduğuna inanıyordu.

İlkçağ ve Ortaçağ'da Roma İmparatorluğu'nun zayıflaması ile bilimsel araştırmalar da yavaşladı. Doğa olaylarını algılamaya yönelik çalışmalar Rönesans'a kadar pek su yüzüne çıkarmadı.

Çok yönlü bir dahi olan Leonardo da Vinci, (1452-1519), doğa olaylarını geçmiş ile bugün arasında bağ kurarak yorumlamaya çalıştı.

Vinci zamanında ve kısa bir süre sonra yer tarihi ile ilgili olarak iki zıt görüş karşı karşıya geldi. Birinci görüş, dünyanın yaratılıştan birkaç bin yıl önce bugünkü halini almış olduğudur. İkinci görüş, Yunan ve Romalılarca kabul gören, yeryüzündeki değişimlerin sürekliliğidir.

Durağanlık ve *Değişim* görüşleri arasındaki farkla birlikte başka bir tartışma daha ortaya çıktı. Bu tartışma, o zamanki kıyı şeridindeki kayalar içinde bulunan canlı fosillerinin durumu idi. Bu fosiller, denizde yaşayan hayvanların kabuklarına çok benziyordu. Fakat bu kabuklar kaya haline nasıl gelmişti? Birçoğuna göre bu olay yaratılış sırasında meydana gelmişti. Çünkü *Yaratılış Efsanesi* 'nde bu olay sıkı bir şekilde savunuluyordu. Bu konuda şüphesi olanlar için Roma'da 1600'lerde doğan ve karalarla denizlerin konumunun birçok kez değiştiğini savunan Giordano Bruno örneği vardı. Bernard Palissy, rahipler sınıfına karşı öfkesini açığa vuran bir başka araştırmacı idi. Ve üstüne basa basa, fosillerin daha önce yaşamış olan hayvan ve bitkilerin kalıntıları olduğunu söylüyordu. Fakat ne yazık ki, bunun kabul görmesi ancak iki yüzyıl sonra gerçekleşecekti.

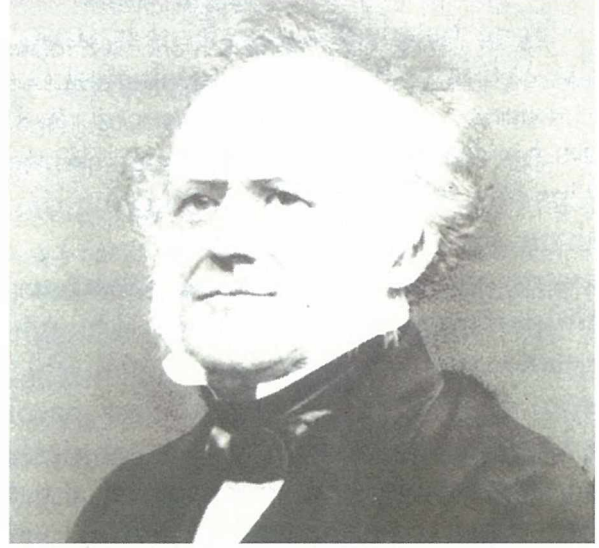
Vinci'den sonra birçok doğabilimci, doğa olayları ve onların yerkabuğu üzerindeki etkilerini araştırmaya başladı. Bunlardan Burnet (1860'lar) zamanıa bütün

dağların yağmur ve rüzgar ile aşınacağını ve akarsularla denizlere taşınacağını belirtiyordu. Hooke ise yerkabuğunun değişimine asıl depremler ve volkanik aktivitelerin neden olduğunu savunuyor, fosillerin incelenmesiyle geçmiş zamanların kayıtlarının tutulabileceğini de belirtiyordu.

18. yüzyılın ortalarında Jean Guettard ve O'ndan kısa bir süre sonra Nicolas Desmarest, geçmişteki doğa olaylarının bugünkülerle aynı özellikte olduğunu vurguluyorlardı. Yüzyılın sonlarına doğru, doğa olaylarındaki tekdüzenliliğin kabul görmesiyle geçmiş zamanın kayıtlarının tutulabileceği anlaşılıyordu. Ancak yine de birçok olay kilise dogmalarıyla ilişkilendirilerek açıklanıyordu.

Voltaire'nin de aralarında bulunduğu birçok din ağırlıklı araştırmacı yazar, jeolojinin ve jeologların *Yaratılış Kitabı*'nda yazılan dünya tarihine hürmetle saygı duyması gerektiğini belirtiyordu.

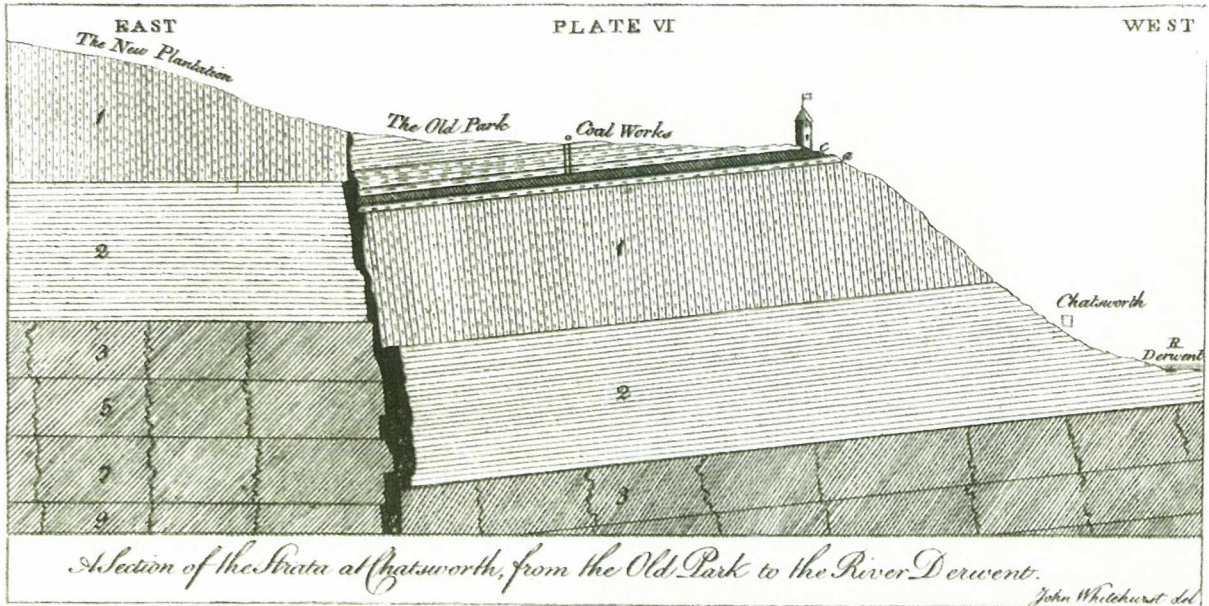
Bu arada İngiltere'de birçok bilim topluluğu türemeye başladı. Bunlardan ilki Londra'da kuruldu, ancak bu topluluk başlangıçta akşamları güzel sohbet, yemek ve içki beraberliğinden öteye gidemedi. Bir çiftçi olan fakat kayalar ve minerallere son derece meraklı olan James Hutton, 1785 Mart'ının sonlarındaki haftalık toplantılardan birinde, her zamanki coşkusundan daha büyük bir heyecanla o güne kadar yaptığı çalışmalar, gözlemler ve vardığı sonuçlar üzerine bir konuşma yaptı. O'nun konuşmalarını da içeren eser 1795'de *Dünya Teorisi* (Theory of the Earth) adıyla yayınlandı. Hutton'ın görüşlerinin özü, bugünkü doğa olaylarını ve doğa yasalarını irdeleyerek geçmişin aydınlatılabileceği şeklindeydi.



Charles Lyell

Hutton'ın en ilginç görüşü ise, yer tarihinin çok uzun olduğu yönündeki saptamasıydı. 18. yüzyılda, insan beyninin dünya tarihinin bu kadar uzun olabileceğini ve bu uzun zaman boyunca yerkabuğunun değişiminin sürmüş olabileceğini algılayabilmesi ve kabullenmesi çok zordu. Çünkü birçok insana göre yerin tarihi 6 bin yıl gibi kısa bir süreye dayanıyordu.

Hutton'ın görüşleri birçok doğabilimci tarafından zamanla benimsendi. Bunlardan en ünlüsü olan ve Hutton'la birlikte jeolojiyi bazı ilkeler üzerine oturtarak bilim haline getiren Charles Lyell, *Jeolojinin İlkeleri* (Principles of Geology) adıyla üç ciltlik bir eser yazdı (1830, 1832, 1833). Lyell, Hutton'ın görüşlerini daha da geliştirdi. 19.yüzyılda birçok doğabilimci tarafından



Newcastle (İngiltere) yakınlarında bir kömür havzasındaki stratigrafik istif ve faylanmaları gösteren ilk jeolojik kesit (Whitehurst, 1778). Yazar, faylanma ve kıvrımlanmaları şu şekilde açıklamaktadır: Yer altındaki is, kayalarda genişlemeye ve kırılmaya neden olmuş. daha sonra deniz suyu bu kırıklardan aşağı doğru sızarak yerkabuğunda ani bir sarsılma meydana getirmiştir. Bu olay, İncil'de sözü edilen Büyük Tufan'da (Biblical Deluge) şiddetinin zirvesine ulaşmıştır.



Abraham Gottlob Werner

okunan bu eser sayesinde, Hutton'ın *Doğa Olaylarının Tekdüzenliliği İlkesi* iyice yerleşmeye başladı.

Tekdüzenlilik ilkesinden başka, kayaları oluşturan tabakaların üst üste istiflenmeleri *Süperpozisyon İlkesi* ile açıklanmaya başlandı. Nicolaus Steno (1638-1686), Kuzey İtalya'da yaptığı araştırmalarda süperpozisyon ilkesini pekiştirdi. Bu ilkeye göre yatay tabaka durumunda, en alttaki tabaka en yaşlı, en üstteki tabaka en genç olanıdır. Steno, alttaki tabakanın üsttekenden önce oluştuğunu belirtmekle birlikte, ayrıca tabakaların yatay olarak oluştuğunu da vurguluyordu.

Zaman Cetveli Oluşturma Çabaları

17. yüzyıl ve 18. yüzyılın başlarında birçok kaya türünün alt-üst ilişkileri büyük ölçüde tanımlandı. Bilim adamları yaşlı kayaların yüksek dağ sıraları boyunca, genç kayaların ise daha alçak bölgelerde yer aldığını, bütün kristalin kayaların önce; kırıntılı kayaların ise daha sonra oluştuğunu farkettiler. Bu görüşü önce Alman Johann Lehman ve İtalyan Giovanni Arduino ve daha sonra Alman Abraham Werner ve öğrencileri geliştirdiler. Bu görüşlerin geçerliliği Hutton, Playfair ve Lyell tarafından doğrulandı.

Lehmann, kayalar açısından üç tür dağ sınıfladı. Birincisi, Alpler gibi yüksek dağlardır ve bu dağlar kıvrımlı ve dik eğimli kaya tabakalarından oluşmuştur. Önemli mineral yatakları içeren bu kayalara Lehmann *Gang-Gebürge* adını vermiştir. Gang-Gebürge üzerine gelen ikinci tür dağlar olan *Flotz-Gebürge* kayaları, Nuh Tufanı sırasında oluşmuştur. Tufan esnasında dağlardan akan sular toprakla karışarak yamaçlarda hayvan ve bitkileri de bünyesine almış, akış hızının yavaşlamasıyla, bu karışık sedimanlar dağların eteklerinde çökelmiştir. Daha sonra bu sedimanlar sertleşerek kaya halini almıştır.

Üçüncü tür dağlar Tufan'dan sonra oluşmuştur. Bunlar tam katlaşmayan gevşek kayalardır.

Lehmann zamanında yaşayan George Cristian Fuchsel, Almanya'nın Tübingen bölgesinde yaşadığının büyük bir bölümünü kayaları incelemeye verdi. 20 yılı aşkın çalışmaların sonunda iki eser yayınladı. Üzerinde durduğu konular yer tarihi ve kaya tabakalarının dizilişiydi. O'na göre tabakalı kayalar denizlerde oluşmuştu ve aşırı kıvrımlanıp yükselerek dağları oluşturan tabakalar ise bunların altındaydı ve daha önce oluşmuştu. Kayaları ayrıntılı olarak tanımlamanın yanında Fuchsel bazı kaya grupları içerisindeki fosilleri de tanımladı. Fuchsel'in eserleri yaşarken pek okunmadı, ancak öldükten sonra büyük ilgi gördü.

Lehmann ve Fuchsel'in Almanya'da tabaka dizilişleri üzerine yaptığı çalışmalarla eş zamanlı olarak Giovanni Arduino İtalya'da kayalar ve mineral yatakları üzerine çalışıyordu. Bu çalışmaların olduğu alan, yaklaşık bir asır önce Steno'nun süperpozisyon ilkesini ortaya koyduğu alandı.

Arduino oldukça enerjik bir araştırmacı ve yazardı. Bu yönüyle başta İtalya'daki jeologlar ve ülkeye araştırma yapmaya gelen jeologlar üzerinde büyük etkisi oldu. Bu ilgi sayesinde Arduino'nun görüşleri başka araştırmacılarca da kabul gördü.

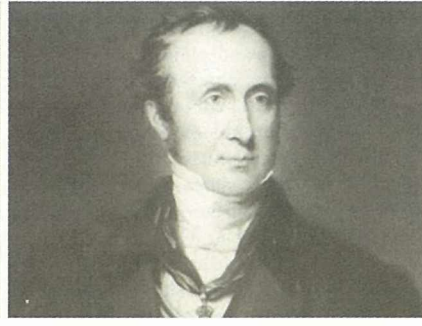
Arduino, üç tür dağ sınıfladı ve bu dağlar da üç tür kaya grubundan oluşuyordu: *İlksel* (Primitive), *İkincil* (Secondary) ve *Tersiyer* (Tertiary). Birincil kayalar, fosil içermeyen ve dağların çekirdeğini oluşturan şist, granit ve bazalt gibi kayalardı. İkincil kayalar fosilce zengin denizel kireçtaşları, marmlar ve killer ile diğer tortul kayalardı. Bu kayalar tabakalıydılar ve dağların yamaçlarında bulunuyorlardı. Tersiyer kayalar genç kireçtaşları, kumtaşları, marmlar ve killerdli ve bol fosil içeriyorlardı. Arduino, bazı Tersiyer kayaların ikincil kayalardan türediğini de savunuyordu. Bu grup kayalar alçak dağlar ve tepelerde gözleniyordu. Bu üç gruba ek olarak Arduino, 4. bir grup olarak volkanik kayaları tanımlıyordu. O'na göre volkanik kayalar lav ve tüfler ile fosilli denizel tabakaların ardalanması şeklindeydi ve üstteki fosilli denizel tabakalar volkanik kayalar üzerine denizin istila etmesi sonucu oluşmuşlardı.

18. yüzyılın sonlarında jeolojik düşünce, Abraham Gottlob Werner adlı mineraloji profesörünün etkisine girdi. Werner, az yayın yaptı ancak okurları ve öğrencileri üzerinde müthiş bir etki bıraktı.

1749 yılında dünyaya gelen ve küçük yaşlardan itibaren minerallerle oynayan Werner'in çalışma alanının dar olması nedeniyle (Almanya'nın Saksonya bölgesi) kayalar konusundaki bilgileri sınırlı id ancak yerkabuğunun yapısını küresel ölçekte tartışıyordu.



William Smith



Roderick Impey Murchison



Adam Sedgwick

Sonuçta Werner dünyanın bir zamanlar tamamıyla okyanuslarla kaplı olduğunu ve ilksel kayaların neredeyse tamamının okyanuslarda kimyasal çökeltme ile oluştuğunu savunuyordu.

Granit, gnays, şist, bazalt ve diğer yaşlı kayaların üzerine, Werner'e göre *Geçiş Kayaları* geliyordu. Bu kayalar organik kalıntılar içeriyordu ve yaşamın ilk başladığı zamanlarda kimyasal çökeltme ile oluşmuşlardı. Ve ilksel kayaların oluşturduğu karalardan akan akarsuların getirdiği organik olmayan kalıntıları da içeriyordu. Werner'e göre *Flötz-Schichten* veya tabakalı kayalar bu geçiş kayaları üzerine geliyordu. Bu grup kumtaşı, kömür, kireçtaşı ve arduaz gibi kayalardan oluşuyordu. Ayrıca, çoğunlukla fosil de içeriyordu. Werner'in tanımladığı 4. Grup, alüviyal çökellerdir. Bu çökeller, kayaların üzerinden akan akarsuların taşıyarak getirdiği malzemelerden oluşmaktadır. Werner'e göre bu dört tür kaya grubunun istiflenmesi yer kabuğunun oluşumunda dört temel evreye işaret etmektedir.

Werner'in yer tarihi konusundaki tezine ilk karşı çıkış, denizlerin nasıl geri çekildiği sorusuyla oldu. Werner bu soruya cevap veremedi. Werner'in görüşlerine başka bir itiraz da, O'nun belirttiği tabaka dizilişine uymayan birçok jeolojik mostranın bulunmasıydı.

Jeologlar arasında iki yüz yıl boyunca (17 ve 18. yüzyıl) süren tartışmaların ve özellikle kilisenin ve dinsel dogmaların etkisinden sıyrılarak yapılan çalışmaların ardından, 18. yüzyılın sonlarında temel dört kayaç türü tanımlanmış ve kabul görmüştü ve kaya türü ile zaman arasındaki ilişki artık kurulabiliyordu. Bu gelişmede Hutton'un *Tekdüzenlilik* ve Steno'nun *Süperpozisyon İlkesi*nin payı büyüktü.

Zaman Birimlerinin Adlandırılması:

Tersiyer

Giovanni Arduino (1714-1795), sert kireçtaşlarının istiflendiği, gevşek ve çimentolanmış kum ve çakıllar ile volkan camlarından oluşmuş dağları ve bu dağları oluşturan kayaları "Tersiyer" olarak tanımlıyordu. Bu kayaların içinde birincil ve ikincil kayalardan türemiş fosiller ve kayaç parçaları da bulunuyordu.

Tersiyer kayaları İtalya'nın kuzeyinde yaygındı ve bol fosil içeriyordu. Benzer özellikteki ve benzer fosil içeriğine sahip kayalar İtalya dışında da keşfedilmişti. Özellikle Paris havzasında 19. Yüzyılın başlarında Cuvier ve Brongniart Tersiyer istiflerini iyi tanımlamışlardı. Tersiyer, 1820-1830 yıllarında Charles Lyell ve Gerard Deshayes'in mollusk fosilleri üzerine yaptıkları ayrıntılı araştırmalar ile jeolojik zaman çizelgesi içinde yerini almaya başladı.

Karbonifer

Ekonomik açıdan önem taşımaları nedeniyle kömür tabakaları üzerinde her dönemde araştırmalar yapılmıştır. Kömür tabakaları Abraham Gottlob Werner'in (1750-1817) Flötz kayalarının tabanında tanımlanmıştı ve birçok yerde madenciler tarafından alt bölümlere ayrılmıştı.

1822'de W.D. Conybeare ve W. Philips, Eski Kırmızı Kumtaşları'nı (Old Red Sandstone) çalışmışlar ve Karbonifer istifini kaya grupları içinde önemli bir bölüm olarak tanımlamışlar ve dört alt gruba ayırmışlardır. Bunlar gençten yaşlıya doğru; kömür damarı, Millstone Grit, Karbonifer (veya Dağ) kireçtaşları ve Eski Kırmızı Kumtaşlarıdır. Conybeare ve Philips, Karbonifer olarak adlandırdıkları kaya birliğinin Werner'in Geçiş Kayaları veya Flötz tanımından farklı olduğunu, ancak Geçiş kayaları tanımına daha yakın olduğunu belirterek, Werner'in kötü imajından uzaklaşmak amacıyla da farklı bir terim kullanmayı tercih etmişlerdir.

Kretase

Kretase Sistemi (Terrain Cretacé veya Cretaceous System) terimini ilk olarak 1822'de D'Omalus d'Halloy ortaya attı. Daha önce Werner ve öğrencileri Saksonya'da kumtaşı ve kireçtaşlarını çalışmışlar ve bu kayaları Flötz kayalarının üst bölümünde tanımlamışlardı. William Smith (1769-1839), iki ayrı tebeşir, yeşilkumtaşı ve killeri formasyon olarak ayırdetmişti. O'nun tanımladığı üst tebeşir zonu başka araştırmacılar tarafından İngiltere, Fransa, Belçika, Hollanda, Almanya, Polonya ve İsveç'te de tanımlanmıştı.

D'Omalius d'Halloy, Fransa'da (Paris Havzası) yaptığı çalışmalar sonucunda, beş gruba ayırdığı ikincil (secondar) kayaların üç grubunu Kretase'ye dahil etti. Kretase sadece tebeşir değil, kumtaşı ve marn da içeriyordu.

Conybeare ve Phillips 1822'de 'Cretaceous' terimini de kullanmışlardır. Auguste de Montmollin, Jura Dağlarında çalışırken fosilli kireçtaşı ve marnları tanımlamıştır. Bu kayalar, 'Terrain Cretacé du Jura' olarak adlandırılan Britanya'daki Yeşilkumtaşları ile benzer özellikteydi.

O Dufrenoy ve J. Elie de Beaumont, Kretase istifini iki bölüme ayırdılar: Jura dağlarında tanımlanan Neocomian tabakaları ile yeşilkumtaşları ve marnlardan oluşan Alt Grup, beyaz tebeşirlerden oluşan Üst Grup. Bu ayırım, başta İngilizler olmak üzere diğer araştırmacılarca da benimsendi.

Kretase'nin alt ve üst olarak ikiye ayrılması Amerika'daki çalışmalarla da kabul edildi. R.T.Hill, Texas'daki fosilli kireçtaşı ve kumtaşlarında yaptığı çalışmalarda tanımladığı Körfez Serisinin Orta ve Üst Kretase'ye; Comanche Serisinin de Alt Kretase'ye denk düştüğü sonucuna vardı.

Jura

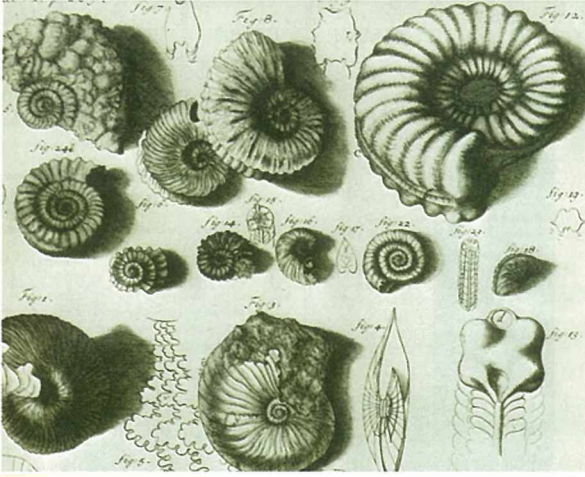
1795 yılında Alexandre von Humboldt (1769-1859), Fransa'nın güneyi, İsviçre'nin batısı ve İtalya'nın kuzey bölgesine yaptığı gezi sırasında, İsviçre'deki Jura dağlarındaki masif kireçtaşlarından oluşan Jura-Kalkstein'in farklı bir kaya birliği olduğu sonucuna varmış ve 1799'da yayınlanan kitabında Jura-Kalkstein kayalarından söz etmiştir. Ancak bu tanımlama bugünkü Jura'nın yalnızca bir bölümüdür. Humboldt, bir sistem olarak Jura terimini kullanmasa da, Jura kireçtaşı formasyonu, jeolojik zaman cetvelinde Jura periyodunun kullanımına ilk adım olmuştur. Conybeare ve Phillips, İngiltere'de oolit serisinde Oolit (Üst) ve Lias (alt) olmak üzere iki formasyon tanımladılar. Alman araştırmacı Leopold von Buch, daha önce İngiltere'de Oolit ve Lias olarak ikiye ayrılan Jura'nın Almanya'nın güneyinde üç bölüme ayrıldığını belirtti: Üst (Beyaz) Jura, Orta (Kahverengi) Jura ve Alt (Siyah) Jura. Fosil içeriğiyle de buradaki Jura kayalarının İngiltere ve Fransa'dakilerle aynı yaşta olduğu sonucuna vardı. Von Buch, ayrıntılı fosil çalışmaları ile de Jura'nın daha da alt gruplara ayrılabilirliğini belirtiyordu. Bundan sonra Jura kayaları konusunda çalışan birçok araştırmacı, Jura'nın özellikle fauna açısından üç bölüme ayrıldığı konusunda hemfikir oldular.

Kuvaterner

18. yüzyıl sonlarında Jura ve Kretase yaşlı kayaların cazibesine kapılan birçok İngiliz jeolog, araştırmasını bu konu üzerinde yoğunlaştırmıştı. Fransa ve İtalya'da da durum farklı değildi, ancak buralardaki araştırmacılar Arduino'nun Tersiyer kayalarını da çalışıyorlardı.

ÜST ZAMAN	ZAMAN	DEVİR	DEVRE	MİLYON YIL	
F A N E R O Z O Y	SENZOZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN	0.8	
			PLEYİSTOSEN	1.8	
		TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN	5
				MİYOSEN	25
			PALEOJEN	OLİGOSEN	40
				ECSSEN	55
				PALEOSEN	65
		PALEOZOYİK	KRETASE	ÜST	100
				ALT	140
			JURA	MALM	160
	DOGGER			180	
	LİYAS			200	
	TRİYAS		ÜST		
			ORTA	230	
	PALEOZOYİK		PERMIYEN	ÜST	
				ALT	280
			KARBONİFER	ÜST	
				ALT	350
			DEVONİYEN	ÜST	
				ORTA	
		ALT		400	
		SİLÜRİYEN	ÜST		
			ALT	430	
ORDOVİSİYEN		ÜST			
		ALT	500		
KAMBRİYEN		ÜST			
	ORTA	570			
	ALT	570			
PREKAMBRİYEN	ALGONKİYEN		2600		
			2600'dan önce		
PRETERİO ZOYİK					
KRİPTOZOYİK ARKEZOYİK ARKEYİK		ARKEEN			

Prof. Buckland, 1823'de güncel çökellerin tamamını Alüvyon olarak; alüvyonun altında, ancak Tersiyer kayalarının üzerinde bulunanları ise Diluvyum olarak adlandırdı. Bu adlandırma, diğer İngiliz araştırmacılarca da benimsendi. Paul G. Desnoyers, Tersiyer'den daha genç olan ve denizel, gösel, alüviyal ve volkanik olan bütün çökelleri Kuvaterner olarak tanımladı (1829). H.P.I. Rebol, 1833 yılında Kuvaterner çökelleri içinde rastladığı fosillerin güncel formlara çok benzediğini belirtiyor, Kuvaterneri *Historik Zaman* ve *Prehistorik Tersiyer Sonrası Zaman* olarak ikiye ayırıyordu.



17. yüzyılda Robert Hooke tarafından çizilen ammonit resimleri

Triyas

Avrupa'da Triyas yaşlı kayaların bulunduğu alanlarda 1820'li yıllarda çok sayıda araştırma yapıldı. Bunlardan en önemlisi Friedrich von Alberti'nin Almanya'daki tuz yatakları ve çevresindeki kayalar üzerinde yaptığı ayrıntılı çalışmalarıdır. Alberti, bugünkü anlamıyla *Devir* terimini, *Formasyon* ile aynı anlamda kullanıyordu. Fosiller üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda Alberti Triyas'ı ayrı bir zaman bölümü olarak jeolojik zaman cetveli içerisinde oturtuyor, ayrıca Triyas'ı alt bölümlere ayırarak her bölüm içerisindeki fosilleri de listeliyordu. O'nun Triyas'ı Bunter, Muschelkalk ve Keuper olarak üç alt gruba ayırması çok az değişikliklerle Avrupa'da kabul gördü.

Alberti'nin Triyas'ı zaman cetvelinde tanımlamasının ardından, özellikle Alman ve Avusturyalı jeologlar Alp dağlarında araştırmalar yapmaya başladılar. Buralardaki fosilli denizel şeyl, kireçtaşı ve dolomitler Bunter, Muschelkalk ve Keuper alt zamanları ile denestirilerek tanımlandı.

E. Mojsisovics tarafından Alp ve Himalaya dağlarında Triyas ammonitleri üzerinde yürütülen çalışmalar, denizel Triyas faunası hakkındaki çalışmaların temelini oluşturur.

Silüriyen ve Kambriyen

İkincil kayalar ve üzerindeki genç kayalar konusundaki çalışmalar 1800'lü yılların başlarında hız kazandı ancak, bunların yaşça altında yer alan geçiş kayaları veya yaşlı grovaktar diye adlandırılan kayalarda pek çalışma yoktu. Londra Jeoloji Topluluğu üyesi iki arkadaş, Roderick Murchison ve Adam Sedgwick bu konuya merak sardılar. Daha önce bir subay olan Murchison atını ve av köpeğini sattıktan sonra bütün enerjisini jeolojiye verdi. 1824 kışında jeoloji konusunda bir kurs gördü ve Londra Jeoloji Topluluğuna

katıldı. 1825 yazında İngiltere'nin güneybatısındaki Devon ve Cornwall bölgesinde çalışmalar yaptı. 1827 yılında Sedgwick ile İskoçya'ya, 1828'de Lyell ile Fransa ve İtalya'ya ve tek başına Alp dağlarına geziler yaptı. Çalışmalarını eski geçiş kayaları üzerinde yoğunlaştırdı.

Adam Sedgwick, kısa zamanda o zamanın jeologlarının lideri durumuna geldi. Londra Jeoloji Topluluğunda Murchison ile tanışmasından sonra karmaşık kayalar üzerinde yoğunlaşmaya başladı.

1830'larda Roderick Murchison ve Adam Sedgwick arazi çalışmalarında topladıkları fosiller üzerinde birbirinden ayrı olarak laboratuvar çalışmaları yaptılar ve her ikisi de 1832-1834 arasında bu konuda makale ve raporlar yayınladılar. 1834'de bir araya gelerek birkaç gün geçirdiler ve bulgularını birbirlerine aktardılar.

1835 yılında *Londra ve Edinburg Felsefe Dergisi*nde, Murchison çalıştığı kayaları eski bir kabile olan *Silures* adından esinlenerek Silüriyen Sistemi olarak adlandırdı. Aynı makalede Silüriyen' alt ve üst olarak ikiye ayırıyordu. Tanımladığı Silüriyen, Eski Kırmızı Kumtaşlarının altında, Sedgwick'in çalıştığı grovaktarın ise üzerinde bulunuyordu. 1835 Ağustosunda Sedgwick ve Murchison, Silüriyen ve Kambriyen adlarının yer aldığı bir makaleyi birlikte yayınladılar. Sedgwick, çalıştığı kayaları Murchison tarafından çalışılan Silüriyen kayaları kadar fosil içermediğini belirterek bu kayaları, çalıştığı bölge olan Galler bölgesine Romalılar tarafından verilen *Cambria* ismine atfen Kambriyen Sistemi olarak adlandırıyordu. Arduaz, volkanik kayalar ve grovaktarın oluşturduğu Kambriyen sistemini alt, orta ve üst olarak üç bölüme ayırıyordu. İki araştırmacı da artık geçiş kayaları teriminin kullanılmasına gerek olmadığını belirtiyordu.

Devoniyen

Eski Kırmızı Kumtaşlarının altında yer alan kayalardeki (Kambriyen ve Silüriyen) çalışmalarının ardından Sedgwick ve Murchison 1836-1839 arasında İngiltere'nin Devonshire bölgesinde birlikte çalışmalar yaptılar. Devonshire bölgesindeki kayaların Galler bölgesindeki kireçtaşı tabakaları içerdiğini farkettiler. Ordudan emekli bir olan William Lonsdale, Güney Devonshire bölgesinde bazı formların benzer olmasına karşın mercan fosilleri içeren Devon kayalarının Silüriyen'den genç, Karboniferden yaşlı olduğu sonucuna vardı. Bu kayalar İngiltere'nin diğer bölgelerinde yaygın olan ve Silüriyen ile Karbonifer arasında yer alan Eski Kırmızı Kumtaşları ile eş olmalıydı. Ancak bu varsayım Sedgwick ve Murchison tarafından başlangıçta kuşku ile karşılandı ancak daha sonra tamamen benimsendi. Sedgwick ve

Murchison Karboniferin altında yer alan arduaz, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan kayaları Devoniyen adı verdikleri yeni bir devire ait olarak kabul ettiler (1839).

Permiyen

1840 yılında Murchison, Sedgwick ile Devoniyen kayalarında yaptığı çalışmaları sunmak üzere gittiği Paris'te, Rusya'ya bir jeolojik gezi yapılacağı haberini aldı ve geziye katılmaya karar verdi.

Murchison ve Fransız paleontolog Edouard de Verneuil 1840'da birkaç kişilik bir ekiple yola çıktılar ve Rusya'daki yolculukları bir yaz boyu sürdü. Murchison oralarında çok ilginç Silüriyen, Eski Kırmızı Kumtaşları ve Karbonifer kayaları gördü. Bu kayalar çok az deforme olmuştu ve fosil de içeriyordu, ancak İngiltere'dekilerden oldukça farklıydı.

Bir sonraki yaz Rusya'ya tekrar bir gezi daha yaptılar. Moskova'dan yola çıkarak Rusya'nın Perm ve Ural dağlarını gezdiler. Murchison yol boyunca araştırmalar yaptı, bol fosil inceledi. Fosillere dayanarak Silüriyen, Devoniyen ve Karboniferli bir kez daha tanımladı. Bunlara ek olarak Murchison bir periyod daha tanımladı. 1841 yılında Moskova Bilim Akademisine Ural dağlarının batı eteklerinde bulunan Perm kasabasına atfen yeni bir periyod olarak Permiyen terimini kullanmalarını öneren bir mektup yazdı. İngiltere'ye döndükten sonra 1841 yılında yeni bir makalede Permiyen terimini kullandı. Bu makalede, Uralların batısında Karbonifer kayalarının üzerine Braikiyopod fosilli marn, kireçtaşı, kumtaşı ve çakıltaşlarının bulunduğunu ve bu fosillerin Karbonifer kayalarındakilere benzer olduğunu belirtiyordu. Bu kayalardaki flora ve fauna bütünlüğünü ve alt-üst ilişkisini (Karboniferin üstünde, Triyas'ın altında) gözönüne alarak Permiyen adıyla ayrı bir devir tanımlıyordu.

Ordovisiyen

19. yüzyılın ortalarında İskoç araştırmacı Charles Lapworth, İskoçya'da yaptığı çalışmalarda daha önce pek çalışılmayan graptolit fosilleri içeren kayalar üzerinde çalıştı. Ve graptolit türlerine göre kayaları alt gruplara ayırmaya çalıştı. Ayırdığı zonlardan bir kısmı Silüriyen içerisindeydi, ancak bazıları ise Silüriyen'den daha yaşlı idi. Lapworth Murchinson tarafından fauna açısından alt ve üst olarak ikiye ayrılan orijinal Silüriyen'inin varlığını doğruluyordu. Üçüncü grup fosilleri Sedgwick'in tanımladığı Kambriyen'in alt seviyelerinden toplamıştı. O'na göre Üst Silüriyen ayrı bir periyottu ve buna Silüriyen denmeliydi, Kambriyen de fauna topluluğu ile ayrı bir periyottu. Ancak bu durumda, zaman cetvelinde daha önce tanımlanan Alt Silüriyen boşluğu doğuyordu. Bu zaman aralığında oluşan kayalara eski İngiliz kabile adı olan *Ordovices*'e atfen Ordovisiyen Sistemi adını verdi. Bu ka-

bilenin yaşadığı Kuzey Galler bölgesindeki Bala kasabası Ordovisiyen için tip alan olarak jeolojik literatürüne geçti.

Pensilvaniyen ve Missisipiyen

Karboniferin alt ve üst olarak ikiye ayrılması birçok Avrupalı jeolog tarafından kabul görmüştü. Kuzey Amerikalı stratigraflar Karboniferi iki sisteme ayırdılar: Kömür içeren ve daha genç olan Pensilvaniyen Sistemi ve ikinci olarak da kireçtaşlarından oluşan ve daha yaşlı olan Missisipiyen Sistemi. Kömür içeren genç tabakalar Amerika'nın Pensilvanya bölgesinde bulunuyordu ve bu alt sistem buradaki çalışmalarda tanımlanmıştı. Daha sonraki çalışmalar Missisipi vadisine yönlendirildi ve burada kömürlü Pensilvaniyen tabakalarının altında kireçtaşları keşfedildi (1839). 1870 yılında Alexander Winchell, Missisipi vadisinin kuzey kesiminde yer alan ve kömür tabakaları altında bulunan kireçtaşlarını Missisipiyen olarak adlandırdı.

Prekambriyen

Kambriyen sistemi altında yer alan kayalara Kambriyen öncesi anlamına gelen Prekambriyen adı verilmesi geniş kabul gördü. Jeologlar tarafından genellikle ihmal edilmiş olan Prekambriyen kayaları kıtaların çekirdeklerini oluşturmaktadır. Ender olarak fosil içermeleri nedeniyle alt gruplara ayırmak pek mümkün olmamaktadır. Ancak fosil içeriğinden çok, fiziksel özelliklerine dayanarak yerel olarak bazı bölgelerde alt bölümlere ayrılabilmiştir.

Paleozoyik, Mesozoyik, Senozoyik

Paleozoyik terimini ilk olarak Adam Sedgwick 1838 yılında önerdi ve bugün bilinen Paleozoyik zamanına eş anlamda Paleozoyik Serisi (Paleozoic Series) terimini ortaya attı.

1840 yılında John Phillips, ilk kez Mesozoyik Zamanı (Mesozoic Era) ve Senozoyik Zamanı (Cenozoic Era) terimlerini kullandı. Kretase, Jura ve Triyas devirlerinin Mesozoyik'e ait olduğunu belirterek; Senozoyik zamanına ait olan Eosen, Miyosen ve Pliyosen'e Tersiyer demiştir.

Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik terimleri, Yunanca'da yaşamak sözcüğü ile eski (ancient), orta (middle) ve güncel/yeni (recent) sözcüklerinin birleşmesinden meydana gelmiştir.

Kaynaklar

- Albritton, C.C., 1980. The Abyss of Time. Changing Conceptions of the Earth's Antiquity after the Sixteenth Century. Freeman, Cooper and Company, 251s.
Berry, W.B.N., 1987. Growth of a Prehistoric Time Scale. Blackwell, Oxford.
Dott, R.H ve Batten, R.L., 1971. Evolution of the Earth. McGraw-Hill, Inc. 649s.
Gould, S.J., 1987. Time's Arrow Time's Cycle. Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time. Harvard Univ. Pres. 222s.